

K2-87

プラズマジェットイグニッションにおける流体力学的効果が
希薄予混合気の燃焼促進に与える影響

The Fluid Mechanics Effect on Combustion Enhancement of Lean Mixture for Plasma Jet Ignition

佐久間康幸¹, 高田翔¹, 田中慶弘¹, ○原田知哉¹, 佐々木亮², 吉田幸司³
Yasuyuki Sakuma¹, Sho Takata¹, Yoshihiro Tanaka¹, *Tomoya Harada¹, Ryo Sasaki², Koji Yoshida³

This study clarified the combustion enhancement effect of lean mixture for plasma jet ignition. The hot gas jet was generated by the plasma and was ejected after the plasma jet finished injecting. The hot gas jet and combustion development processes were visualized by schlieren method and combustion pressure was measured. The electrical discharging duration was very short whereas the hot gas jet issuing duration was almost the same as combustion period, and the initial flame kernel and hot gas jet similarly developed. Therefore the combustion enhancement effect of plasma jet ignition was mainly caused by the hot gas jet.

1. はじめに

火花点火機関の希薄混合域燃焼における確実な着火及び燃焼促進方法にプラズマジェット点火があり、燃焼が促進される要因は、プラズマジェットによる流体力学的効果とプラズマにより発生する活性種による効果であると考えられている¹⁾。本研究では、プラズマジェットの噴出後に発生する高温噴流に着目し、高温噴流が希薄予混合気の燃焼促進効果に与える影響を実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置及び方法

燃焼容器は、直径 80 mm、厚さ 40 mm の円筒形であり、イグナイタは底部に取り付けた。図 1 にイグナイタ形状を示す。イグナイタは円筒形キャビティ、円形オリフィス及び中心電極から構成される。キャビティは直径 3.0 mm、深さ 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0 mm とし、オリフィス直径は 1.0, 2.0, 3.0 mm とした。放電エネルギーは、0.1 μF のコンデンサに印加電圧 7.1, 10, 14 kV にて充電し 2.5, 5.0, 10 J とした。通常点火では、キャビティを用いず放電間隔 1.5 mm、放電エネルギー 2.5 J とした。ここで、放電を開始する有孔球ギャップ間隔は、短絡を避けるため放電エネルギー 2.5 J では 4.0 mm、5 J では 4.0 及び 6.0 mm、10 J では 6.0 mm とした。高温噴流は、常温、大気圧力の空気を燃焼室に充填し非燃焼

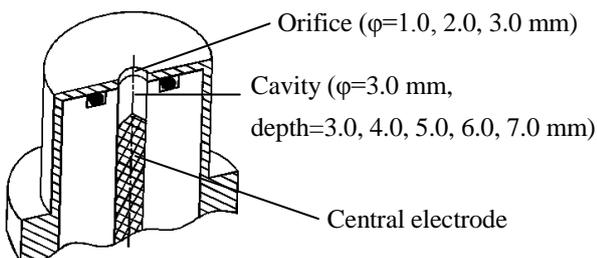


Fig. 1 Igniter configuration.

の下で発生させ、燃焼実験では当量比 0.6 のプロパン-空気混合気を常温、大気圧にて燃焼室に充填した。実験において、高温噴流成長過程、火炎伝ば過程、燃焼圧力、放電電圧波形及びプラズマ発光を測定した。

3. 実験結果及び考察

図 2 にオリフィス直径 1.0 mm、キャビティ深さ 5.0 mm における放電電圧波形及びプラズマの発光面積を示す。発光面積は燃焼室面積で除して無次元化した。放電の終了後もプラズマの発光は持続し、また全ての場合、放電及び発光は 0.20 ms 以下で終了する。

表 1 に通常燃焼と、オリフィス直径 1.0mm、放電エネルギー 5.0 J、キャビティ深さ 3.0 及び 7.0 mm の高温噴流及び燃焼可視化画像を時系列に示し、図 3 に放電エネルギー 10 J、オリフィス直径 1.0 mm にてキャビティ深さを変化させた場合の燃焼圧力を示す。プラズマジェット点火では、通常燃焼に比べ燃焼が促進され、キャビティ深さが深い場合、高温噴流の成長は早く、初期火炎核も高温噴流の成長に伴い拡大する。また、点火

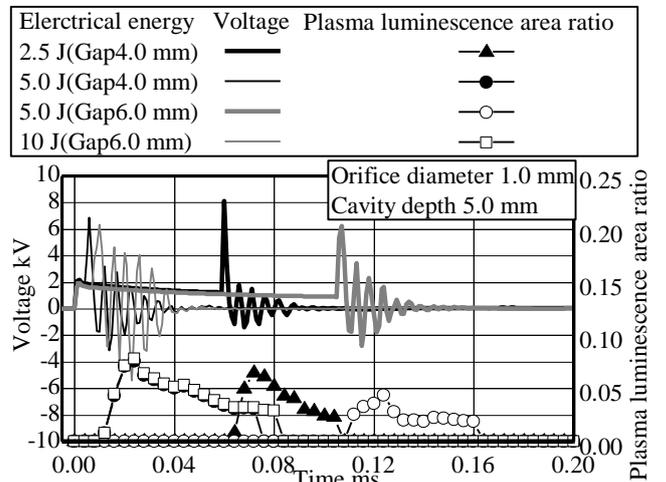
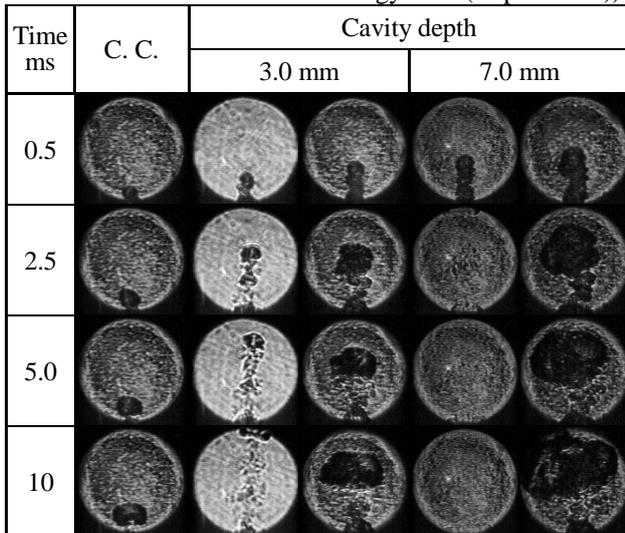


Fig. 2 Discharging voltage and plasma luminescence area ratio as a function of time.

後 0.5 ms の高温噴流と初期火炎核の成長は、ほぼ同様である。点火後 2.5 ms 以降において、高温噴流はほぼ消滅するものの燃焼促進効果は継続する。これは、初期火炎核の火炎面上に乱れが発生し、高温噴流噴出方向以外の火炎伝ばも促進されたためと考えられる。よって、高温噴流が燃焼促進に強く影響を与えると考えられる。キャビティ深さが大きい場合、燃焼期間は短く、著しい燃焼促進効果が示される。これは、高温噴流の噴出量が増加によると考えられる。

図 4 に放電エネルギー 10 J、キャビティ深さ 5.0 mm、にてオリフィス直径を変化させた場合の火炎及び高温噴流高さの時間的変化を示す。ここで、高さとは任意の時刻のイグナイタから火炎及び高温噴流の最高点までの距離であり、高さは燃焼室直径で除して無次元化した。着火直後において、高温噴流と火炎はほぼ同様に成長し、オリフィス直径が小さな場合に高温噴流の噴出速度が増加し、火炎及び噴流の高さの成長は早い。

図 5 にイグナイタ特性長さ L^+ に対する圧力上昇率と Table 1 Diffusion flame development process (Orifice diameter 1.0 mm and electrical energy 5.0 J (Gap 6.0 mm))



C.C. means conventional combustion. Left side shows hot gas jet and right side shows combustion in each condition

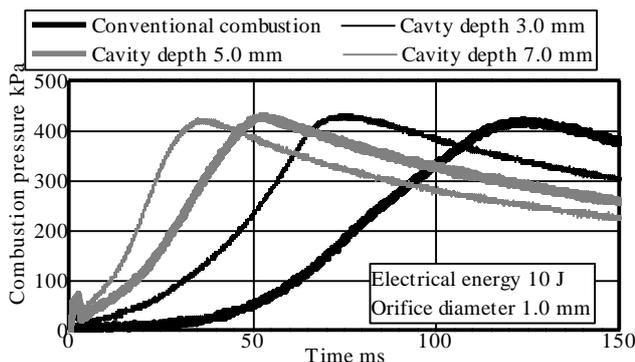


Fig. 3 Combustion pressure records

燃焼促進率を示す。特性長さ L^+ とは、キャビティ容積をオリフィス開口面積で除したものであり、燃焼促進率 ϕ は $\phi = 1 - t/t_{con}$ と定義し、 t は燃焼期間、 t_{con} は通常燃焼期間である。圧力上昇率は最高燃焼圧力の 10 から 90 % の間を一次近似した傾きとした。特性長さが大きい程、圧力上昇率及び燃焼促進率は大きくなるものの、燃焼促進効果は放電エネルギーの影響をほとんど受けない。これは、キャビティ容積に対して放電エネルギーが過大なためと考えられる。

4. 結論

プラズマジェット点火において、放電期間は非常に短く、高温噴流と初期火炎核は同様に成長することから、高温噴流が燃焼促進に影響を与えると考えられる。

5. 参考文献

1) Cetegen, B. et al.: SAE Paper 800042, 1980

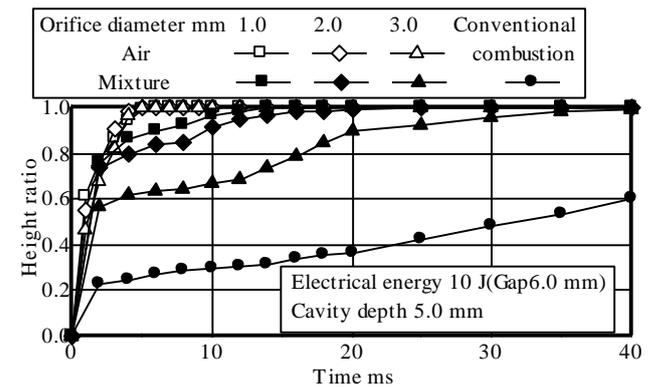


Fig. 4 Flame and hot gas jet height ratio as a function of time.

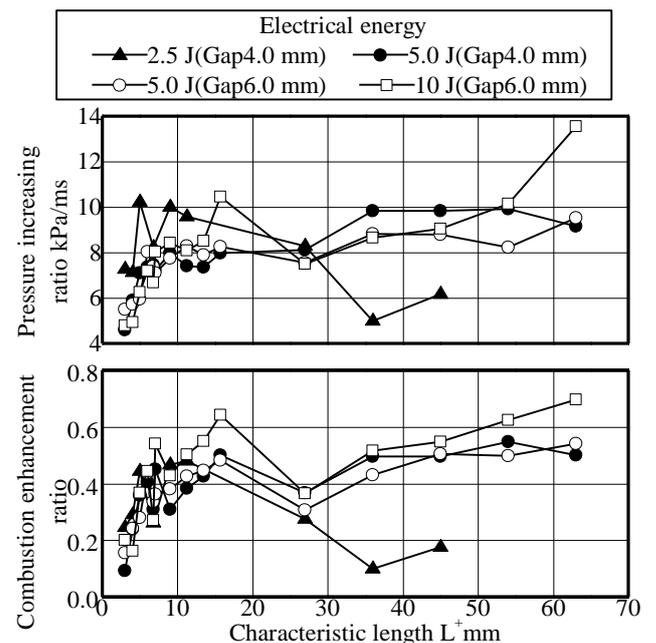


Fig. 5 Pressure increasing ratio and combustion enhancement ratio as a function of characteristic length.